

УДК 355.7

ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ СТЕПЕНИ ПОРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАССЕТНОЙ БОЕВОЙ ЧАСТИ

С.Н. Звиглянич, Ю.С. Литвинов

(Объединенный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил, Харьков)

Обоснован подход к разработке модели оценивания степени поражения объектов при использовании кассетной боевой части. В основу разработки предлагается положить метод имитационного моделирования. При этом появляется возможность варьировать в широком диапазоне при выборе как типов объектов поражения, так и видов кассетных боевых частей.

степень поражения объекта, кассетная боевая часть, моделирование

Постановка проблемы в общем виде. Анализ последних вооруженных конфликтов дает основание говорить о быстро меняющемся облике средств поражения. При этом отличительной чертой современных локальных войн является выбор в качестве объектов поражения элементов инфраструктуры государств. Все это обуславливает необходимость разработки новых способов оценивания эффективности боевого применения, которые позволили бы учитывать качественные изменения как боевых средств, так и объектов поражения.

Анализ последних исследований и публикаций. Поступление в армии передовых стран новых образцов вооружения требует соответствующих подходов к организации их боевого применения. Анализ применения высокоточного оружия (ВТО) позволяет обозначить ряд факторов, обуславливающих снижение его эффективности в боевых действиях. Главный из них – неучет должностными лицами, планирующими огневое поражение объектов, технические особенности образцов ВТО [1]. В целом, можно отметить складывающуюся тенденцию быстрого изменения боевых возможностей принимаемых на вооружение современных типов боеприпасов, что требует разработки адекватных способов обоснования наиболее эффективных способов их боевого применения [2, 3].

Постановка задачи. Опишем поражение группового объекта при использовании кассетной боевой части (КБЧ). КБЧ оснащается некоторым количеством суббоеприпасов – боевыми элементами (БЭ). При взрыве боевые элементы образует осколочное поле. Причем, с небольшими допущениями, число осколков, их геометрические и весовые характеристики можно считать заданными.

Скорость разлета осколков при взрыве определяется формулой [4]:

$$v_o = \frac{v_d}{2} \sqrt{\frac{\alpha_{vv}}{2 - \alpha_{vv}}}, \quad (1)$$

где v_d – скорость детонации (для тротила 7000 м/с); α_{vv} – коэффициент заполнения объема боевых элементов взрывчатым веществом.

Определим закон изменения скорости осколка в зависимости от расстояния от точки взрыва. Будем рассматривать движение только в горизонтальной плоскости, так как изменение скорости в вертикальной плоскости незначительно и в данном случае им можно пренебречь.

По второму закону Ньютона:

$$m \frac{dV}{dt} = F, \quad (2)$$

где $\frac{dV}{dt}$ – ускорение осколка; m – его масса; F – сила, действующая на осколок в направлении движения, определяемая как [5]:

$$F = C_x q S_m, \quad (3)$$

где C_x – коэффициент лобового сопротивления; S_m – площадь мишени; $q = \frac{\rho v^2}{2}$ – скоростной напор; ρ – плотность воздуха, v – скорость осколка.

Обозначим $C_x \frac{\rho}{2} S_m$ через коэффициент k . Тогда запишем дифференциальное уравнение движения как

$$m \frac{dV}{dt} = -kV^2. \quad (4)$$

Так как в начале было сделано допущение, что масса осколков постоянна, то уравнение (4) перепишем в виде:

$$\frac{dV}{dt} = -kV^2; \quad k = \frac{p}{m}. \quad (5)$$

Определим $dr = Vdt$, тогда $dt = \frac{dr}{V}$. Сделаем подстановку в (5):

$$\frac{dV}{dr} V = -kV^2. \quad (6)$$

Данное уравнение является уравнением с разделяющимися переменными и приводится к виду [5]:

$$\frac{dV}{V} = -kdr. \quad (7)$$

После интегрирования:

$$\ln v = -kr + \ln C \quad (8)$$

или

$$V = Ce^{-kr} . \quad (9)$$

При $r = 0$, $C = V_0$ выражение (9) принимает вид:

$$V = V_0 e^{-kr} . \quad (10)$$

Будем считать, что для конкретного боевого элемента известен радиус поражения r_p . Пусть конечная скорость осколков при этом определена как V_k . Тогда, подставив в (10) в качестве текущей скорости V_k , путем логарифмирования определим коэффициент k как:

$$k = \frac{\ln V_0 - \ln V_k}{r_p} . \quad (11)$$

Обобщенное теоретическое решение задачи. Проведем описание объектов поражения. В объекте поражения выделим четыре области.

Первая. Попадание приводит к невозможности дальнейшего функционирования. Объект переходит в небоеготовое состояние, получая при этом сильную степень повреждения.

Вторая. Попадание приводит к необходимости проведения ремонта для восстановления функционирования. Объект получает среднюю степень повреждения.

Третья. Попадание переводит объект в неисправное состояние, но он остается боеготовым. Функционирование возможно. Объект получает слабую степень повреждения

Четвертая. Попадание на состояние объекта не влияет.

Установим соотношения между выделенными областями. Для этого рассмотрим фронтальную плоскость некоторого объекта. Разделим ее на зоны, площадью 1 квадратный дециметр (1 дм^2) и пронумеруем их. Пусть номер зоны случайная величина (с.в.), которая распределена по равномерному закону и принимает значения от 1 до n . Каждая из четырех перечисленных выше областей объекта занимает определенное число зон. На основе имитационной модели определим – при каком количестве осколков, попавших в объект, не менее одного осколка попадет в первую, вторую, третью и четвертую области соответственно. Будем считать, что поражение объекта наступает в случае пробивания осколком его стенки (оболочки).

Глубина проникания боеприпаса в защитную толщину конструкции $H_{\text{пр}}$ определяется выражением [6]:

$$H_{\text{пр}} = \lambda_1 \lambda_2 k_{\text{пр}} \frac{G}{d^2} V_0 \cos \frac{\alpha + n\alpha}{2} , \quad (12)$$

где λ_1 – коэффициент, зависящий от формы головной части боеприпаса, для грунтов $\lambda_1 = 1$, при проникновении в твердые среды: $\lambda_1 = 0,5 + 0,4\sqrt[3]{(l_{\text{гч}}/d)^2}$;

λ_2 – коэффициент, зависящий от диаметра боеприпаса и определяемый как $\lambda_2 = 2,8\sqrt[3]{d} - 1,3\sqrt{d}$; $k_{пр}$ – коэффициент податливости материала; G – вес боеприпаса; d – диаметр корпуса боеприпаса; V_0 – скорость встречи боеприпаса с преградой; α – угол встречи боеприпаса с преградой (между касательной к траектории падения боеприпаса и нормалью к преграде); n – коэффициент разворота боеприпаса в преграде; $l_{гч}$ – длина головной части боеприпаса.

Поставим задачу – определить число осколков, попавших в объект при взрыве боевого элемента. Представим объект в виде цилиндра с приведенным радиусом r_0 и высотой z_0 . Так как объекты часто могут находиться в укрытиях, быть обвалованными, то цилиндр разделим на две части с высотами h_1 и h_2 ; $h_1 + h_2 = z_0$.

Каждая часть объекта имеет свои прочностные характеристики (задается свой $k_{пр}$). После получения координат взрыва боевого элемента с радиусом поражения R_v проводится приведение координат объекта поражения (ОП) к точке взрыва. Находится расстояние от точки взрыва до объекта

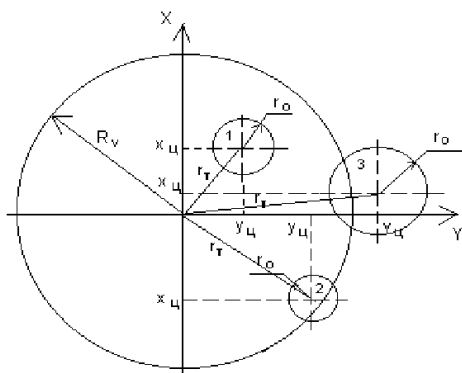


Рис. 1. Ширина площади поражения

(рис. 2), для этого решается система квадратных уравнений, описывающих зону поражения (R_v) и приведенный объект (r_0):

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = R_v^2; \\ (x - x_{ц})^2 + (y - y_{ц})^2 = r_0^2, \end{cases}$$

откуда

$$L_{п} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

Определим высоту и площадь зоны поражения для объекта поражения. Найдем нижнюю – $H_n = z_v - (r_T \operatorname{tg} \alpha)$, и верхнюю – $H_v = (z_v + l_0) + (r_T \operatorname{tg} \alpha)$ высоты поражения в зависимости от расстояния объекта от точки взрыва.

– $r_T = \sqrt{x_{ц}^2 + y_{ц}^2}$, где $x_{ц}$, $y_{ц}$ – координаты объекта. Для определения площади поражения находятся ее ширина и высота. Определим ширину площади поражения $L_{п}$. Возможны три варианта (рис. 1):

- 1) $r_T + r_0 < R_v$, $L_{п} = \pi r_0$;
- 2) $r_T < R_v$, $L_{п} = \pi r_0$;
- 3) $r_T + r_0 > R_v$, в этом

случае находится длина хорды AB площади поражения

Схема определения высоты поражения представлена на рис. 3, на котором: z_v – высота подрыва боевой части, l_6 – длина боевой части, α – угол разлета осколков.

Рассмотрим возможные три варианта (S_1 – площадь поражения первой части объекта, S_2 – второй):

1) $z_0 < H_n$ – объект не поражен;

2) $H_v > z_0 > H_n$:

– если $h_1 < H_n$, то

$$S_1 = 0; S_2 = (z_0 - H_n)L_n;$$

– если $h_1 > H_n$, то

$$S_1 = (h_1 - H_n)L_n; S_2 = h_2L_n;$$

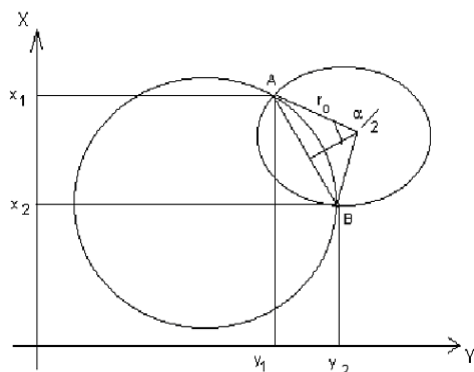


Рис. 2. Определение длины хорды

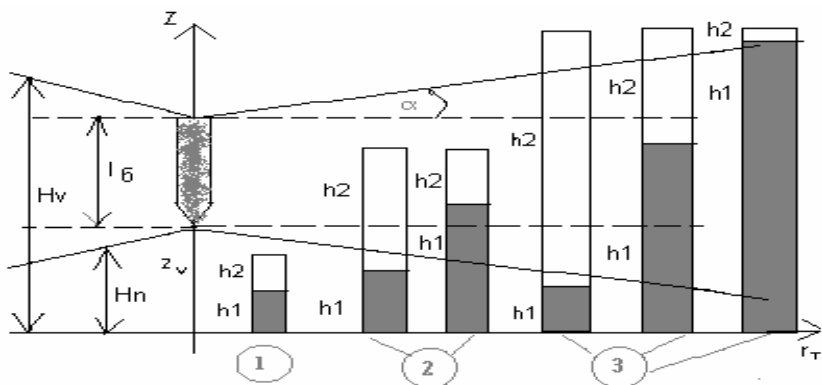


Рис. 3. Высота площади поражения

3) $z_0 > H_v$:

– если $h_1 < H_n$, то $S_1 = 0$, а $S_2 = (H_v - H_n)L_n$;

– если $H_v > h_1 > H_n$, то площадь $S_1 = (h_1 - H_n)L_n$, $S_2 = (H_v - h_1)L_n$;

– при $h_1 > H_v$ площадь $S_1 = (H_v - H_n)L_n$, $S_2 = 0$.

Примем допущение – осколки распределены равномерно по всей площади взрыва. С учетом допущения площадь взрыва (рис. 1, 3) зависит от r_T и определяется как

$$S_v = 2\pi r_T (H_v - H_n). \quad (13)$$

В этом случае число осколков, попавших в первую область объекта, равно

$$n_{os}^1 = \frac{S_1}{S_v} N_{os} , \quad (14)$$

где N_{os} – число осколков боевого элемента.

Аналогично для второй области:

$$n_{os}^2 = \frac{S_2}{S_v} N_{os} . \quad (15)$$

В зависимости от числа попавших осколков устанавливается возможная степень повреждения каждой части объекта. Для этого по формуле (1) вычисляется текущая скорость осколков, а по формуле (12) – глубина проникания. Если глубина проникания больше толщины стенки (оболочки) объекта, то объект получил соответствующую степень повреждения. При работе имитационной модели в каждой реализации определяются координаты точки подрыва (вскрытия) кассетной головной части, как случайные величины с нормальным законом распределения и заданными значениями СКО по осям X, Y, Z . После проведения заданного числа реализаций определяется величина ущерба по каждому объекту поражения.

Выводы. Предложенный подход оценивания степени поражения объектов при использовании кассетной боевой части на основе имитационной модели дает возможность варьировать в широком диапазоне при выборе как типов объектов поражения, так и видов кассетных боевых частей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В., Рахманов А. ВТО: Роль и место в вооруженных конфликтах. Основные тенденции развития // Военный парад. – 2003. – № 1. – С. 16 – 18.
2. Коровий В. Высокоточное оружие – гарантия победы? // Аэрокосмический курьер. – 2003. – № 5. – С. 95 – 97.
3. Коничев А., Маначинский А. Войны конца XX века: особенности и взгляд в будущее // Арсенал XXI столетия. – 2002. – № 1. – С. 7 – 13.
4. Покровский Г.В. Взрыв. – М.: Воениздат, 1980. – 192 с.
5. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. Т.2. – М.: Наука, 1978. – 575 с.
6. Молчанов Г.Г., Туркин П.И. Курс артиллерии. Кн. 4. Боеприпасы / Под общ. ред. А.Д. Блинова – М.: Воениздат МО СССР, 1949. – 212 с.

Поступила 17.02.2005

Рецензент: доктор военных наук, профессор И.О. Кириченко,
Харьковский университет Воздушных Сил.